

### Agriculture sur brûlis en forêt tropicale humide. A propos du rôle du feu dans la compétition entre espèces cultivées et espèces pionnières

**Resumen.** El análisis de los conocimientos actuales sobre la regeneración natural en la selva tropical húmeda y el impacto del fuego sobre dicha regeneración, permiten explicar la reducción de la competencia entre las plantas cultivadas y las plantas pioneras durante las primeras etapas del cultivo en el sistema de rozatumba — quema. La ventaja competitiva temporal de las plantas cultivadas se considera aquí como un resultado de la eliminación por el fuego de la mayor parte de las semillas y plántulas que normalmente aseguran una colonización rápida y vigorosa de los "chablisés".

### Rôles du feu dans l'agriculture sur brûlis traditionnelle

L'agriculture sur brûlis ou agriculture itinérante (agriculture migratoria, shifting cultivation) est, à l'heure actuelle, l'un des systèmes agricoles les plus importants, sinon le plus important, de la zone tropicale humide. D'après une estimation récente, ce système serait pratiqué par environ 140 millions de personnes, sur une surface de 2 millions de km<sup>2</sup>, soit 1/5<sup>ème</sup> du biome forêt tropicale humide (35).

On peut distinguer, avec Watters (45), une agriculture itinérante traditionnelle, pratiquée de longue date par des populations vivant en équilibre avec le milieu forestier, d'une "agriculture itinérante imposée par la nécessité", résultat de conditions socio-politiques relativement récentes, dans laquelle "l'agriculteur est un vrai colon, à la recherche de terres nouvelles à cultiver", qu'il utilisera "jusqu'à épuisement complet du sol" (45).

L'agriculture itinérante traditionnelle peut être caractérisée, pour une parcelle de forêt donnée, par un défrichage "doux" — simple abattage des arbres — suivi d'un brûlage, par la plantation quasi simultanée d'espèces cultivées variées dont la récolte s'étale sur une période de deux ou trois ans, et par une jachère forestière de durée relativement longue.

Dans ce type d'agriculture, dont on ne peut nier l'efficacité dans le cas de populations à faible densité en équilibre démographique, trois types d'effets positifs du feu ont été reconnus:

— Après l'abattage des arbres, la parcelle défrichée est encombrée de troncs, branches et lianes entremêlés, offrant au regard l'image d'un paysage chaotique décourageant toute volonté de plantation; le feu a donc un rôle évident de **dégagement** et de **nettoyage** de l'abattis (34, 36).

— Le rôle fertilisant du feu est unanimement reconnu; il consiste en un enrichissement temporaire du sol en éléments minéraux, accompagné néanmoins de pertes importantes en azote et en soufre. On trouvera une revue détaillée de l'effet du feu sur les caractéristiques physiques et chimiques du sol dans, notamment, Nye et Greenland (36), Watters (45), Fontaine *et al* (11).

— Enfin, on reconnaît au feu un rôle **phytosanitaire** important, les fortes températures ayant pour effet la destruction des populations de phytophages et de parasites (2, 23, 32, 34).

Ce sont là les raisons invoquées habituellement pour expliquer la croissance plus vigoureuse des plantes sur les sols préalablement brûlés (27, 36).

A ces trois effets positifs du feu, je voudrais ajouter ici, à la lumière des connaissances actuelles sur les premiers temps de la régénération naturelle, l'impact du feu sur la compétition entre plantes cultivées et plantes pionnières. Cet impact, s'il apparaît de manière implicite dans certaines études (6, 7, 23, 36), n'a jamais été clairement explicité; or, il semble qu'il s'agisse là, pour l'agriculture sur brûlis traditionnelle, d'un rôle positif du feu au moins aussi important que l'effet fertilisant ou phytosanitaire.

### Ecologie des premiers temps de la régénération naturelle en forêt tropicale humide

Il s'agit ici de dresser un bilan schématisé des connaissances actuelles sur la question, bilan qui permet d'expliquer la colonisation rapide et vigoureuse des défrichements non brûlés par des espèces pionnières issues de la forêt naturelle avoisinante.

Lors d'un chablis, trouée forestière causée par la chute d'un ou plusieurs arbres (37), ou d'un défrichage, l'instant initial de la régénération que constitue l'ouverture du milieu est absolument fondamental à considérer, puisque c'est à ce moment que se fixe le potentiel floristique (1), qui va assurer la colonisation du milieu ouvert. Au cours de cette phase, l'avantage compétitif des premiers occupants doit être souligné (1, 12, 30), dû en majeure partie à la capture d'une fraction disproportionnée des ressources de l'environnement par les individus qui émergent rapidement (20).

On peut distinguer, au sein des forces floristiques en présence lors de l'ouverture du milieu forestier, trois ensembles (la terminologie employée est celle d'Alexandre (3) choisie ici pour son caractère concis et expressif):

- Le **potentiel végétatif** est formé par l'ensemble des individus survivant à l'ouverture du milieu; il est constitué des plantules au sens large. "seedling" et "sapling", ainsi que des rejets et drageons
- Le **potentiel extérieur** est constitué par l'ensemble des diaspores susceptibles d'envahir le site; il faut souligner la lenteur relative de l'établissement de cet ensemble floristique (8, 38, 41), mais aussi sa constance temporelle, dépendant de la phénologie et des caractéristiques de la dissémination des espèces extérieures à la zone ouverte
- Le **potentiel séminal édaphique**, enfin, constitue ce qu'on appelle habituellement le réservoir de graines du sol. Il est composé, d'une part de graines d'espèces forestières, d'autre part de graines dormantes d'espèces pionnières

Les espèces forestières, c'est-à-dire, les espèces qui germent et se développent généralement au sein du sous-bois, possèdent le plus souvent des graines à durée de vie courte et germination rapide, indépendante des conditions lumineuses.

Les espèces pionnières sont typiquement héliophiles et ne trouvent les conditions favorables à leur germination et à leur développement qu'au niveau de trouées suffisamment grandes pour provoquer un bouleversement microclimatique à la surface du sol (10, 18, 21, 22).

L'existence et l'omniprésence d'un important stock de graines dormantes d'espèces pionnières, en attente dans le sol des forêts tropicales humides, sont largement démontrées que ce soit en Afrique (2, 4, 17, 28), dans le Sud-Est Asiatique (8, 31, 40), ou en Amérique (16, 24, 38, 41)

En forêt naturelle, le chablis constitue le moteur de la dynamique sylvigénétique, entraînant un rajeunissement ponctuel lorsque les dimensions de la trouée sont suffisantes. Dans la compétition opposant les ensembles floristiques, il semble qu'il existe une balance entre potentiel végétatif et potentiel séminal édaphique, dont le bilan est fonction de la taille des trouées (3, 9, 18, 21, 37, 39, 47), lorsque la perturbation est faible, la cicatrization de la trouée est assurée par la stimulation du développement des plantules et des arbres préexistants. Passé un certain seuil, la perturbation favorise la germination et le développement des espèces pionnières, du moins dans les zones les plus éclairées. Enfin, dans le cas d'un défrichement de taille comparable à celle d'un abattis (de l'ordre de l'hectare), ce sont les espèces pionnières, issues principalement du potentiel séminal édaphique, qui assurent la domination pendant la première phase de la régénération.

Pendant cette phase, le potentiel extérieur n'a qu'une importance minimale, en raison de la lenteur relative de l'apport de graines d'une part, et de l'avantage compétitif des premiers occupants, d'autre part; ainsi, les éléments de ce potentiel en sont le plus souvent réduits à l'occupation de sites particuliers, tels que souches et troncs à terre

#### Impact du feu sur la régénération naturelle implications pour l'agriculture sur brûlis traditionnelle

Dans une parcelle de forêt défrichée et brûlée, les différences locales de l'intensité du feu (température et durée) ont pour effet la création d'un paysage en mosaïque de troncs et souches plus ou moins calcinés de sol plus ou moins recouvert de cendres, et de zones visiblement peu brûlées (5, 12, 14, 41). Dans les parties fortement brûlées, les températures peuvent atteindre, d'après UHL *et al* (41), 593°C à 7.5 cm au-dessus du sol, 310°C à la surface du sol et 199°C à 1 cm au-dessous de cette surface. Brinkman et Vieira (7) notent que la température peut osciller entre 70°C et 100°C pendant plusieurs heures dans la couche supérieure du sol (0 - 5 cm), ceci en raison du "tapis" racinaire forestier qui se comporte comme un réseau de diffusion de chaleur particulièrement efficace

Au moment du brûlage, les plantules, rejets et drageons présentent des organes en activité, particulièrement sensibles à une exposition au feu; d'après Hare (19), la plupart des tissus végétaux sont endommagés ou détruits s'ils sont soumis à des températures supérieures à 54°C pendant plusieurs minutes. Quant aux graines formant encore le potentiel séminal édaphique, Brinkman et Vieira (7) pour les espèces forestières, ainsi que Vasquez-Yanes (43, 44) et Uhl *et al* (41) pour les espèces pionnières, ont montré que la très grande majorité de ces graines sont détruites par les hautes températures associées au feu, jusqu'à 5 cm de profondeur

Dans ces conditions, la colonisation des zones fortement brûlées repose principalement sur la dissémination des graines postérieure au feu; cette colonisation paraît, par ailleurs, affectée par l'hétérogénéité de l'abattis (41, 48). La comparaison de relevés effectués dans la région de la piste de St. Elie, en Guyane Française, pour des végétations de cinq mois, montre clairement les différences de colonisation (vitesse et composition floristique) entre défrichement non brûlé et abattis expérimental brûlé, ainsi que les variations dues à l'hétérogénéité de l'abattis (Tableau I).

La régénération naturelle est donc considérablement perturbée par le feu: la destruction de la majeure partie des deux ensembles floristiques principaux, potentiel végétatif et potentiel séminal édaphique, a

Tableau 1. Nombre de plantules et rejets sur des parcelles élémentaires de 10 m<sup>2</sup>, pour des végétations pionnières âgées de 5 mois. (Piste de S<sup>t</sup> Elie, Guyane française).

Espèce	Type biologique écologie	Défrichement non brûlé	Abattis expérimental brûlé		
			Pas de tronc peu brûlé	Sur un tronc ouvert, calciné	Pas de tronc très brûlé
<i>Cecropia obtusa</i> Tréc		106	42	96	7
<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart		41	8	5	0
<i>Goupia glabra</i> Aubl		68	3	2	1
<i>Xylopia nitida</i> Dun		31	5	3	0
<i>Lactia proccra</i> (P et E) Eichl.		12	0	2	0
<i>Annona sericea</i> Dun	Arbres pionniers	6	0	0	0
<i>Melastomaceae</i> spp		22	6	1	0
<i>Vismia</i> spp		6	17	4	0
<i>Isertia</i> sp		1	4	0	0
<i>Fagara pentandra</i> Aubl		2	3	0	0
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D Don		0	1	0	0
<i>Inga</i> spp		0	0	1	0
<i>Dolichocarpus guyanensis</i> (Aubl.) Gilg.		23	3	9	1
<i>Passiflora coccinea</i> Aubl.	Lianes	0	1	0	0
Lianes indéterminées		3	0	0	0
<i>Renealmia guyanensis</i> Maas.	Herbacée pionnière	5	5	1	0
Herbacées indéterminées	rudérales	6	2	0	4
Epiphytes indéterminées	rudérales	2	0	1	2
Espèces forestières indéterminées	Arbres	71	1	1	2
Espèces pionnières indéterminées	Arbres et arbustes	12	1	0	0
<i>Solanum</i> spp	Arbustes rudéraux	2	20	17	11
<i>Pityrogramma calomclanos</i> (L.) Link.	Herbacée rudérale	0	6	14	4
Rejets	Arbres forestiers	24	10	6	2
Total		443	138	163	34

pour effet de libérer l'espace, donnant ainsi libre cours à l'envahissement par le potentiel extérieur

Traditionnellement, le défrichement des abattis a lieu en début de saison sèche; le brûlage intervient en fin de saison sèche, généralement deux à trois mois plus tard, et se déroule le plus souvent en deux étapes: un premier feu, détruisant la majeure partie de la matière végétale, est suivi d'un deuxième, qui porte sur les branchages insuffisamment brûlés, préalablement rassemblés en tas (15, 32, 33). Enfin, la plantation, suivant de près le brûlage, commence avec les premières pluies. Il faut noter que les zones peu brûlées sont généralement laissées de côté, la préférence des agriculteurs pour la plantation allant le plus souvent aux parties fortement brûlées (15, 25, 32, 34). Or, on a vu que le feu avait pour effet, dans ces zones, la destruction des plantules, rejets et drageons, d'une part, des graines du sol, d'autre part.

Dans l'étude des successions, on peut dissocier le processus de compétition entre espèces colonisatrices en deux phases (46):

- "Competition to reach (or to be at) a site first and preempt space
- Interactive competition"

Par rapport à une grande trouée forestière ou à un défrichement non brûlé, le feu décale dans le temps l'instant initial de la régénération et introduit une donnée nouvelle fondamentale par l'intermédiaire d'un bouleversement du potentiel floristique, élimination presque totale du potentiel végétatif et du potentiel séminal édaphique (Figure 1)

Le feu agit donc sur la première phase de la compétition, libérant l'abattis de la grande majorité des

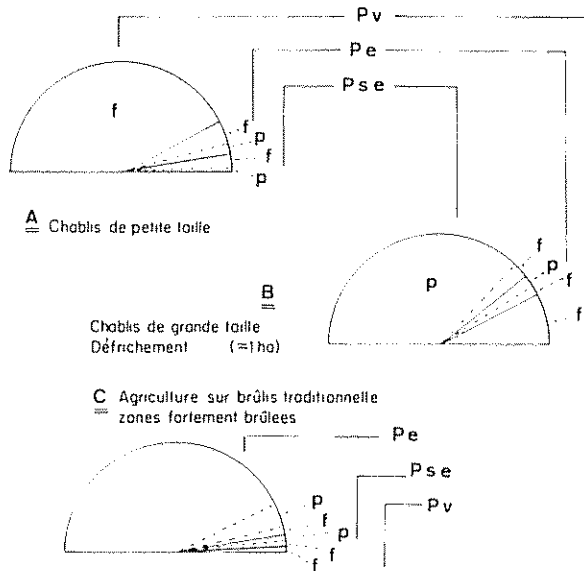


Fig 1 Importance compétitive schématique des différents ensembles floristiques en présence lors de l'ouverture du milieu forestier

f : espèces forestières  
 p : espèces pionnières  
 Pv : potentiel végétatil  
 Pe : potentiel extérieur  
 Pse : potentiel séminal édaphique

compétiteurs au moment de la plantation. Les plantes cultivées — étouffées très rapidement par le développement de la régénération naturelle en l'absence de feu préalable — peuvent être alors assimilées à un sous-ensemble favorisé (plantation) du potentiel extérieur, et, bénéficiant de l'avantage des premiers occupants, peuvent se développer jusqu'à leur maturité

La compétition avec les espèces pionnières, indéniablement avantagées par leurs caractéristiques de croissance lors de la deuxième phase ("interactive competition") prend une importance croissante avec le temps, en relation avec l'envahissement progressif du potentiel extérieur, allant jusqu'à provoquer l'abandon de la parcelle exploitée, au même titre que la baisse de fertilité du sol (1, 25, 26, 32, 36, 45)

### Conclusion

Dans l'agriculture sur brûlis traditionnelle, la compétition entre plantes cultivées et plantes pionnières, est, dans les premiers temps, nettement à l'avantage des premières. La raison principale de cet avantage, décisif pour l'intérêt de la récolte, paraît être la destruction par le feu de la majeure partie des ensembles floristiques qui assurent normalement la cicatrisation rapide des trouées forestières

Dans le cas de l'agriculture itinérante imposée par la nécessité (45), cet effet positif tend à se diluer. En effet, la forte pression anthropique entraîne un raccourcissement de la durée des jachères et une augmentation de la fréquence des feux, favorisant la sélection d'espèces pionnières à graines dormantes résistantes au feu: *Trema guineensis* en Afrique de l'Ouest (2), et *Ochroma lagopus* en Amérique centrale (42), ainsi que l'expansion rapide d'espèces à forte capacité d'invasion telles que *Imperata cylindrica*, dans le Sud-Est Asiatique (29). Dans ce cas, il apparaît que l'agriculture sur brûlis traditionnelle perd sa justification scientifique autant que son efficacité (1), et doit être remplacée au plus vite par des systèmes de production adaptés, permettant de soutenir de plus fortes densités de population

### Résumé

L'analyse des connaissances actuelles concernant la régénération naturelle en forêt tropicale humide et l'impact du feu sur cette régénération, permet d'expliquer l'absence de compétition entre plantes cultivées et plantes pionnières dans les premiers temps de culture sur les abattis traditionnels. L'avantage compétitif temporaire des plantes cultivées, en partie garant du succès de l'abattis, est dû à la destruction par le feu de la très grande majorité des graines et plantules d'espèces pionnières assurant normalement la colonisation rapide et vigoureuse des trouées forestières

### Summary

The analysis of current knowledge concerning natural regeneration in tropical rainforest and the effects of fire on this regeneration allows us to explain the absence of competition between cultivated and pioneer plants during the beginning of cultivation in the slash and burn traditional system. The momentary competitive advantage of cultivated plants is considered here as a result of the elimination by fire of nearly all the seeds and seedlings of pioneer species which normally ensure a fast and vigorous colonization in forest openings.

30 Mars, 1983

H de FORESTA\*

\* Laboratoire de Botanique 163, rue A. Broussonet, 34000 — Montpellier — France

## Literature citée

- 1 ALEXANDRE, D Y Essai d'approche schématique des phénomènes de compétition au cours de la régénération, et son application au problème des adventices dans le système agricole traditionnel Miméogr ORSTOM 1977 15 p.
- 2 ALEXANDRE, D Y Observations sur l'écologie de *Trema guineensis* en basse Côte d'Ivoire Cah ORSTOM sér Biol XIII(3):261-266 1978
- 3 ALEXANDRE, D Y Aspects de la régénération naturelle en forêt dense de Côte d'Ivoire Candollea 37 579-588 1982
- 4 AUBREVILLE, A Les brousses secondaires en Afrique équatoriale Bois et Forêts des Tropiques 2:21-35 1947
- 5 BENDELL, J F Effects of fire on birds and animals In: Fire and Ecosystems. T T Kozlowski et C E Ahlgren eds 1974 pp 73-138
- 6 BOALER, S B et SCIWALE, K C Ecology of a Miombo site, Lupa north forest reserve Tanzania III Effects on the vegetation of local cultivation practices Journal Ecology 54(3):577-587 1966
- 7 BRINKMAN, W L F et VIEIRA, A N The effect of burning on germination of seeds at different soil depths of various tropical tree species Turrialba 21(1):77-82 1971.
- 8 CHEKE, A ; NANAKORN, W. et YANKOSES, C. Dormancy and dispersal of seeds of secondary forest species, under the canopy of a primary tropical rainforest in Northern Thailand. Biotropica 11(2):88-95 1979
- 9 DAWKINS, H C. The management of natural tropical high forest with special reference to Uganda Commonwealth Forestry Institute 1958 Paper 34
- 10 FLORENCE, J Chablis et sylvigénèse dans une forêt dense humide sempervirente du Gabon Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle. Univ L Pasteur STRASBOURG 1981 261 p
- 11 FONTAINE, R G, GOMEZ-POMPA, A et LUDLOW, B. Successions secondaires In: Ecosystèmes forestiers tropicaux UNESCO-PNUE 1979 pp 233-251.
- 12 FORESTA, H de Premier temps de la régénération naturelle après exploitation papetière en forêt tropicale humide ARBOCEL – Guyane française Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle USTL MONTPELLIER 1981 114 p
- 13 FORESTA, H de Hétérogénéité de la végétation pionnière en forêt tropicale humide; exemple d'une coupe papetière en forêt guyanaise Oecol Applic. 4(3):221-235. 1983.
- 14 GASCHE, J Le système cultural Witoto In: Culture sur brûlis et évolution du milieu forestier en Amazonie du Nord-Ouest Bull. de la Société Suisse d'Ethnologie. 1975 pp 111-128
- 15 GREHAND, F et HAXAIRE, C Monographie d'un abattis Wayapi JATBA XXIV(4):285-310 1977
- 16 GUEVARA-SADA, S et GOMEZ-POMPA, A. Seeds from surface soils in a tropical region of Veracruz, Mexico Journal Arnold Arb. 53(3):312-325. 1972
- 17 HALL, J. B et SWAINE, M. D Seed stocks in Ghanaian forest soils Biotropica 12(4):256-263 1980.
- 18 HALLE, F, OLDEMAN, R. A. A et TOMLISON, P. B Tropical trees and forests. An architectural analysis Springer-Verlag Berlin – Heidelberg – New York 1978. 441 p
- 19 HARE, R C Heat effects on living plants US forest Service Occasional paper 1961 183 p.
- 20 HARPER, J L Population biology of plants. Academy Press. London – New York – San Francisco 1977. 892 p
- 21 HARTSHORN, G. S Tree falls in tropical forest dynamics. In: Tropical trees as living systems P. B Tomlison et M. H. Zimmerman eds 1978 pp. 617-638
- 22 HARTSHORN, G. S Neotropical forest dynamics Biotropica 12(2):23-30. 1980.
- 23 HATCH, T C Shifting cultivation in Sarawak: past, present and future In: Proceedings of the Vth International Symposium of Tropical Ecology Furtado, J I ed. 1980. pp. 483-496

24. HOLTHUIJZEN, A. M. A. et BOERBOOM, J. H. A. Experiments on the *Cecropia* seedbank of the Suriname lowland rainforest. *Biotropica* 14(1):62-67. 1982.
25. HURAUULT, J. La vie matérielle des noirs réfugiés Boni et des indiens Wayana du Haut Maroni (Guyane française). *Agriculture, économie et habitat*. Mémoires ORSTOM no. 3 - Paris. 1965. 142 p.
26. JOACHIM, A. W. R. et KANDIAH, J. The effect of shifting cultivation ("chena") and subsequent regeneration of vegetation on soil composition and structure. *Tropical Agriculturist* 104:3-11. 1948.
27. KARTAWINATA, K., RISWAN, J. et SOEDJITO, H. The floristic changes after disturbances in lowland Dipterocarp forest in East Kalimantan, Indonesia. In: *Proceedings of the Vth International Symposium of Tropical Ecology*. Furtado, J.I. ed. 1980. pp. 47-54.
28. KEAY, R. W. J. Seeds in forest soils. Nigerian forestry information bulletin 4:1-12. 1960.
29. KELLMAN, M. C. Geographic patterning in tropical weed communities and early secondary succession. *Biotropica* 12(2):34-39. 1980.
30. KRAMER, F. De natuurlijke verjonging in het Goenoeng Gedeh complex. *Tectona* 26:156-185. 1933.
31. LIEW, T. C. Occurrence of seeds in virgin forest top soil with particular reference to secondary species in Sabah. *Malay Forest* 36(3):185-193. 1973.
32. LIZOT, J. La Agricultura Yanomami. *Antropología* 53:3-93. 1980.
33. LYMAN, T. A. Miao (Meo) slash and burn agriculture. *JATBA* XVI(6-7-8):251-283. 1969.
34. MOUTON, J. et SILLANS, R. Les cultures indigènes dans la région forestière de l'Oubangui-Chari. *Ann. du Musée colonial de Marseille* VII(2):114. 1954.
35. MYERS, N. Conversion of tropical moist forests. *National Acad. of Sciences - Washington*. 1980. 205 p.
36. NYE, P. H. et GREENLAND, D. J. The soil under shifting cultivation. *Commonwealth Agricultural Bureaux. Farmham Royal - Bucks - England*. 1960. 156 p.
37. OLDEMAN, R. A. A. L'architecture de la Forêt guyanaise. *Mémoires ORSTOM no. 73 - Paris*. 1974. 204 p.
38. PREVOST, M. F. Mise en évidence de graines d'espèces pionnières dans le sol de forêt primaire en Guyane. *Turrialba* 31(2):121-127. 1981.
39. SCHULZ, J. P. *Ecological studies on Rain Forest in Northern Suriname*. North Holland Publishing Company - Amsterdam. 1960. 267 p.
40. SYMINGTON, C. F. The study of secondary growth on rain forest sites in Malaya. *Malay Forest* 2:107-117. 1933.
41. UHL, C., CLARK, K., CLARK, H. et MURPHY, P. Early plant succession after cutting and burning in the Upper Rio Negro region of the Amazon basin. *Journal of Ecology* 69:631-649. 1981.
42. VASQUEZ-YANES, C. Studies on the germination of seeds of *Ochroma lagopus* Swartz. *Turrialba* 24(2):176-179. 1974.
43. VASQUEZ-YANES, C. Seed dormancy and germination in secondary vegetation tropical plants. the role of light. *Compar. Physiology and Ecology* 1(1):30-34. 1976.
44. VASQUEZ-YANES, C. Estudio sobre la ecofisiología de la germinación en una zona calidohúmeda de MEXICO. In: *Regeneración de Selvas*. GOMEZ-POMPA, A. *et al.* eds. 1976. pp. 278-387.
45. WATTERS, R. F. L'agriculture itinérante en Amérique latine. *Mise en valeur des forêts* no. 17. FAO. 1971. 354 p.
46. WERNER, P. A. Ecology of plant populations in successional environments. *Systematic Botany* 1(3):246-268. 1976.
47. WHITMORE, T. C. *Tropical Rain Forests of the Far East*. Oxford University Press. 1975. 282 p.
48. ZWETSLOOT, H. Forest succession on a deforested area in Suriname. *Turrialba* 31(4):369-379. 1981.